

26. Fullereny

Z papíru lze vyrobit i jednoduché modely fullerenu.

Fullereny jsou molekuly tvořené z atomů uhlíku, které jsou uspořádány do vrstvy tvořené pětiúhelníky a šestiúhelníky svinuté do uzavřeného tvaru. Atomy uhlíku jsou přitom umístěny ve vrcholech těchto mnohoúhelníků. Vzhledem k tomu, že tvoří takto svinutou strukturu, jsou fullereny mimořádně odolné vůči vnějším podnětům (silové působení, ...). V současné době nejstabilnější atom obsahuje 60 atomů uhlíku.

Fullereny jsou pojmenovány po americkém architektovi Buckminsteru Fullerovi (1895 - 1983), který projektoval geodetické kopule podobného tvaru. Za objev fullerenu byla udělena v roce 1996 Nobelova cena za chemii americkému chemikovi Robertu Floydovi Curlovi (narozený v roce 1933), americkému fyzikovi a chemikovi Richardu Errettu Smalleymu (1943 - 2005) a anglickému chemikovi Haroldu Walterovi Krotoovi (narozený 1939).

Metoda výroby fullerenu v makroskopickém měřítku byla objevena v roce 1990. Vlivem obloukového výboje s elektrickým proudem přibližně 50 A, který probíhá mezi dvěma uhlíkovými elektrodami, se uhlík odpařuje. Vznikající uhlíkové saze se nechají zkondenzovat. Pro celý proces výroby je důležitý vnější tlak - optimální hodnota je 10 MPa.

V roce 1991 Japonec Sumio Iijima ukázal, že lze připravit fullereny, které nejsou jen kulového, ale i válcového tvaru. Jedná se o dlouhé úzké a čistě uhlíkové trubičky tvořené velkým množstvím šestiúhelníků a několika pětiúhelníky. Tyto nanotrubičky mají extrémně velký poměr své délky (až několik set milimetrů) ke svému průměru (několik nanometrů). Mezi jejich unikátní vlastnosti patří mechanická pevnost (50krát až 100krát vyšší, než je pevnost oceli), pružnost, elektrická vodivost, tepelná vodivost, nízká hustota při velkém povrchu trubičky, elektrokatalytické vlastnosti, chemická inertnost a další. Tyto vlastnosti pak naznačují možnost využití je v různých aplikacích v leteckém průmyslu, ve vojenském průmyslu, v elektronice, v medicíně, ve sportu, ...

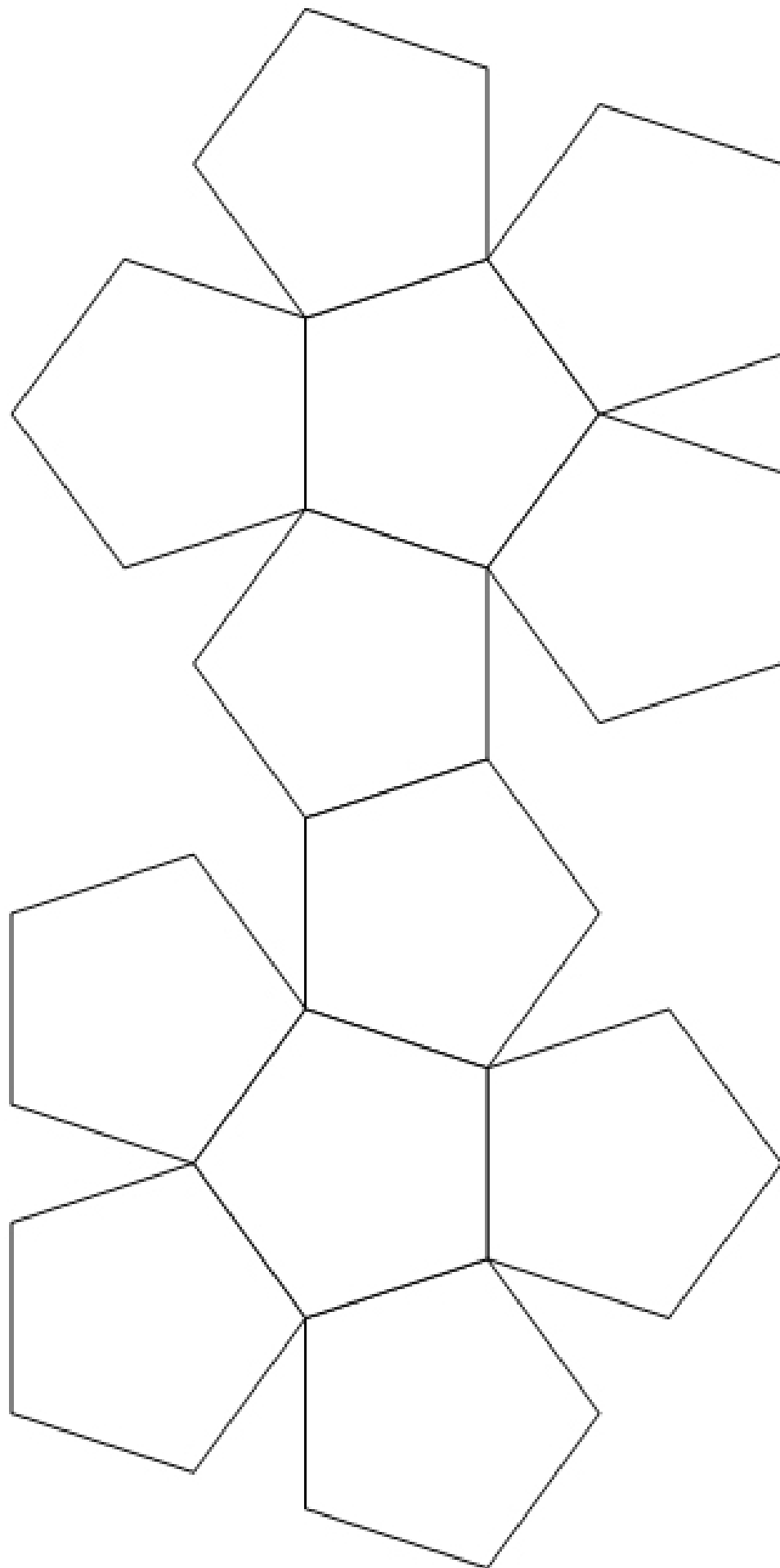
Různé tvary fullerenu a nanotrubiček je možné přiblížit i pomocí papírových modelů. Modely jsou více popsány v maturitní práci [9] a na webové stránce [10].

Označení fullerenu vyplývá z počtu atomů uhlíku, které jsou vázány ve všech mřížových bodech. V dále popsaných modelech se jedná o body, v nichž se stýkají stěny příslušného mnohostěnu.

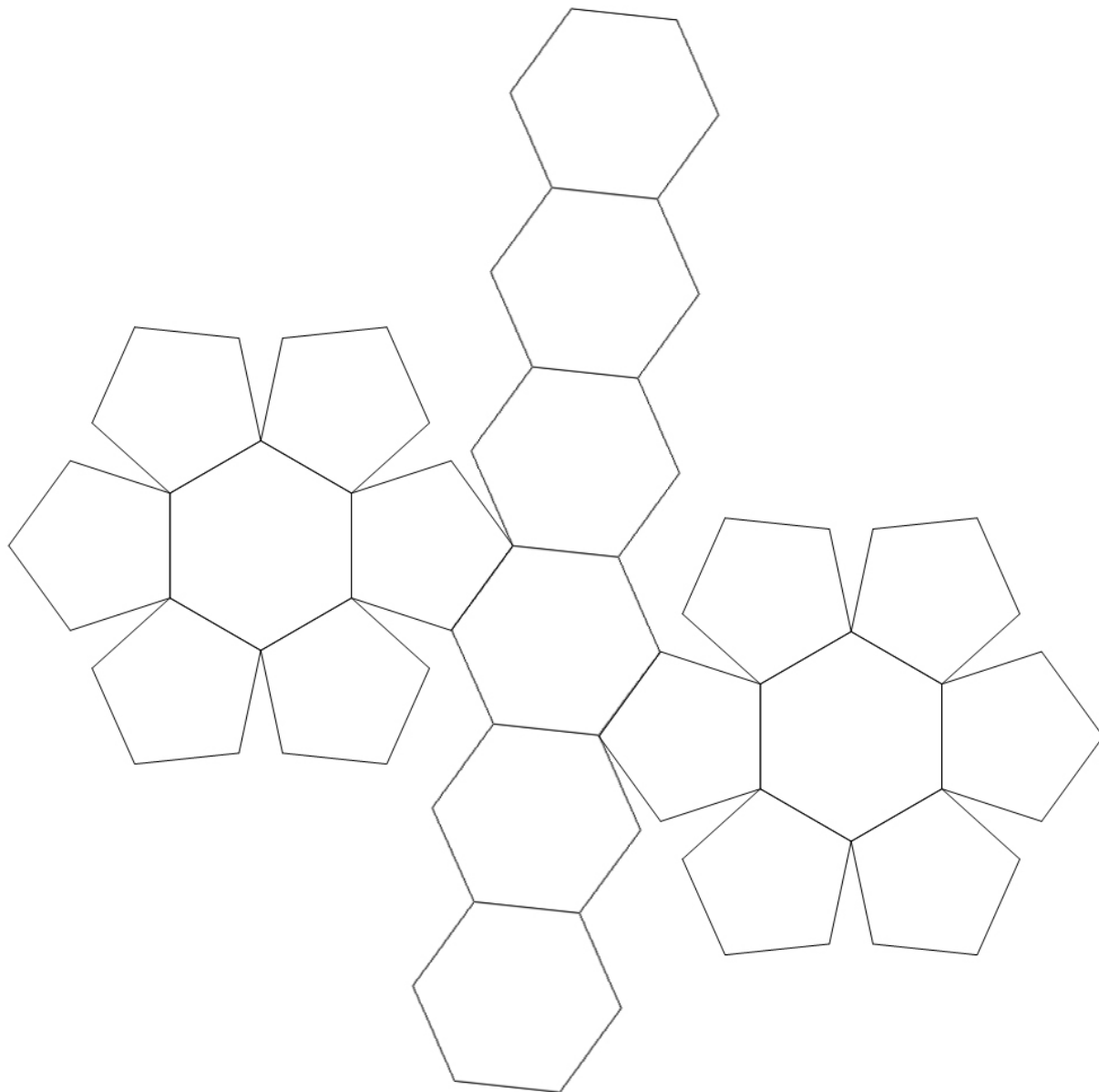
Jednotlivé typy fullerenu lze poskládat ze sítí, u kterých nejsou připraveny přesahy na zalepení. Při vystřihování síť je tedy nutné s touto skutečností počítat. Lze sestavit tyto modely fullerenu:

1. fullerén C_{20} - síť je zobrazená na obr. 132, složený model pak na obr. 142. Jedná se o fullerén, jehož síť je tvořena dvanácti pravidelnými pětiúhelníky.
2. fullerén C_{36} - síť je zobrazená na obr. 133 a hotový model pak na obr. 143. Tento fullerén je tvořen dvanácti pravidelnými pětiúhelníky a osmi pravidelnými šestiúhelníky.
3. fullerén C_{60} - síť pro sestavení „plného“ modelu je zobrazena na obr. 134, složený a slepený model je zobrazen na obr. 144. Model tohoto fullerenu je tvořen dvanácti pětiúhelníky a dvaceti šestiúhelníky.
4. fullerén C_{96} - síť je zobrazena na obr. 141, složené těleso je zobrazeno na obr. 145. Tento model je tvořen z dvanácti pětiúhelníků a 38 šestiúhelníků.

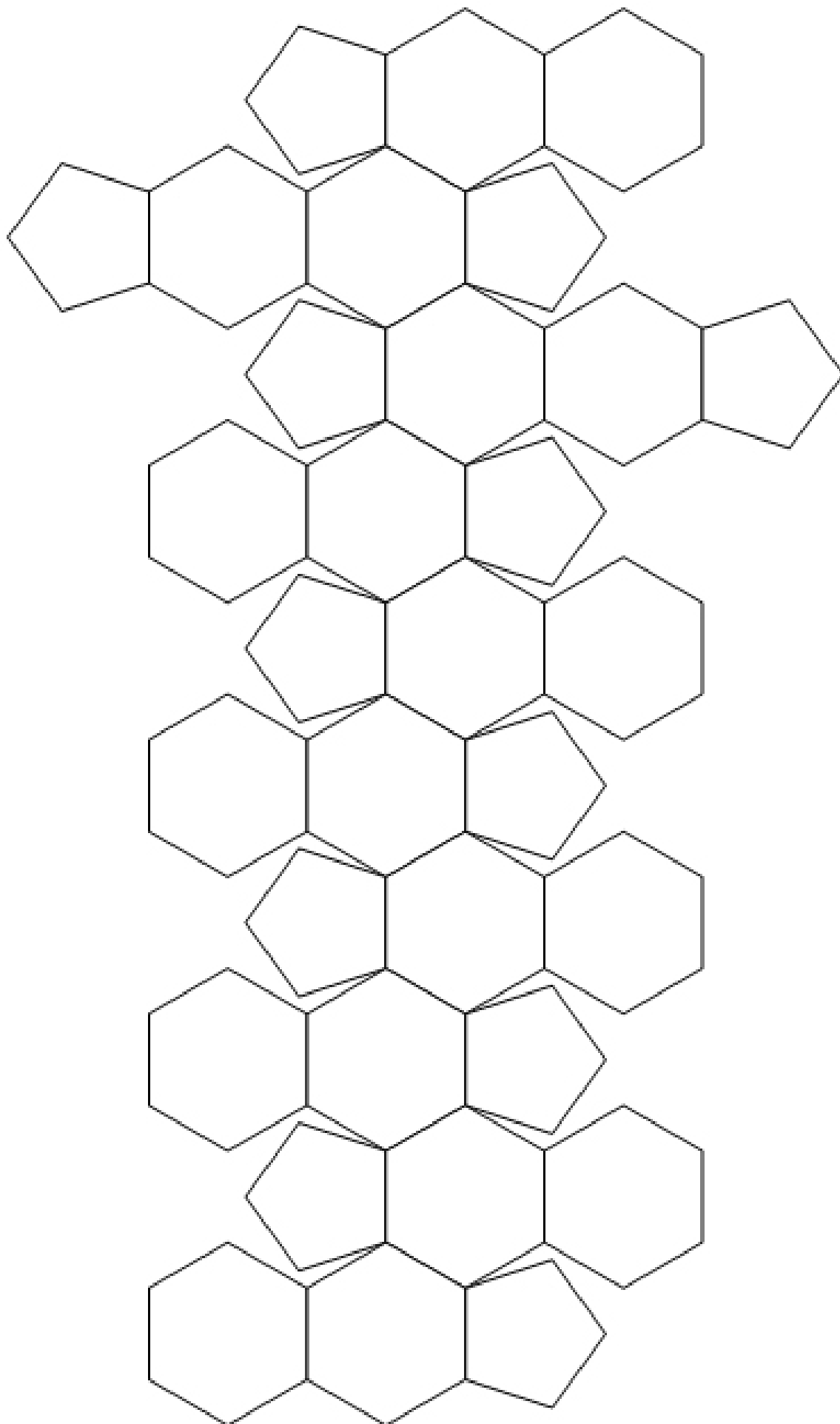
Model fullerenu C_{60} lze vytvořit také jinak. V tom případě budeme potřebovat šablony zobrazené na obr. 135.



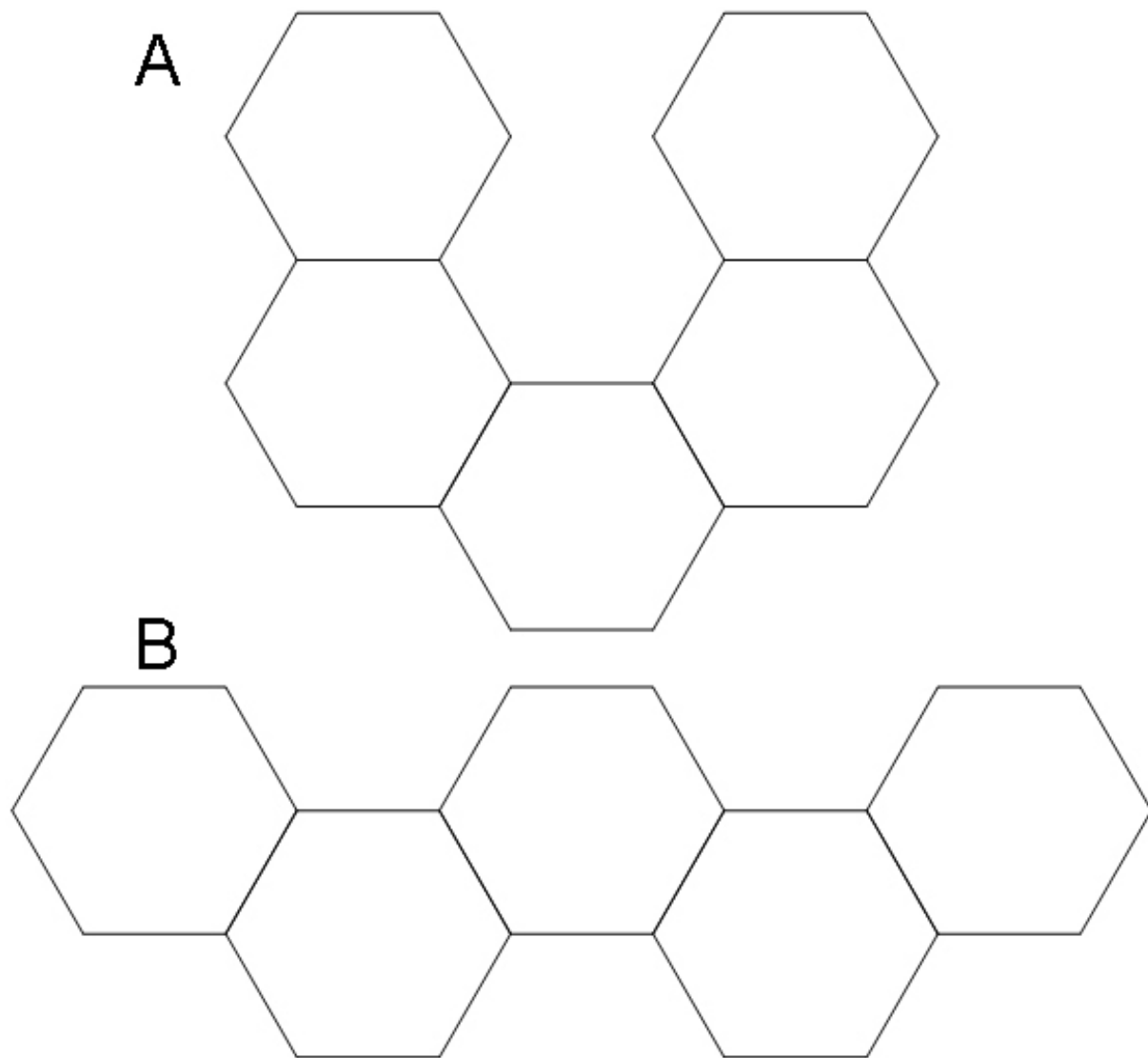
obr. 132



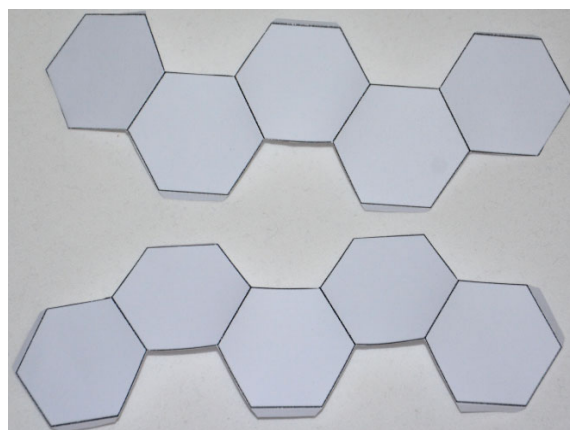
obr. 133



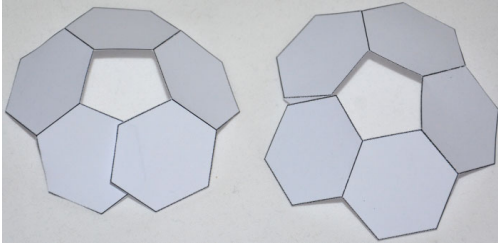
obr. 134



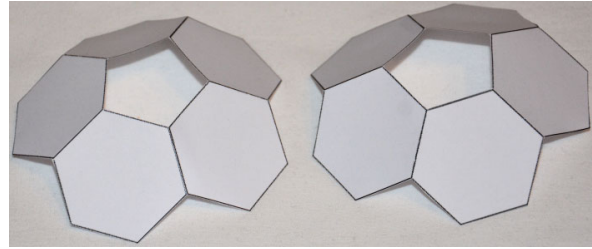
obr. 135



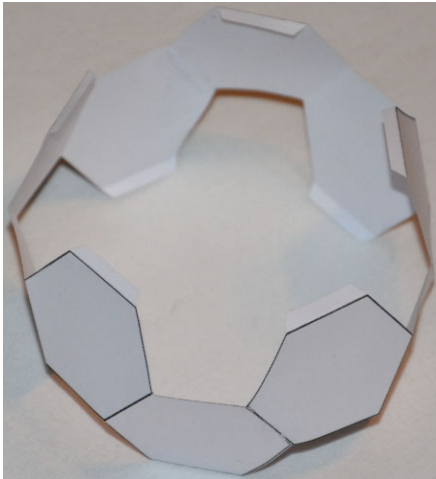
obr. 136



obr. 137



obr. 138

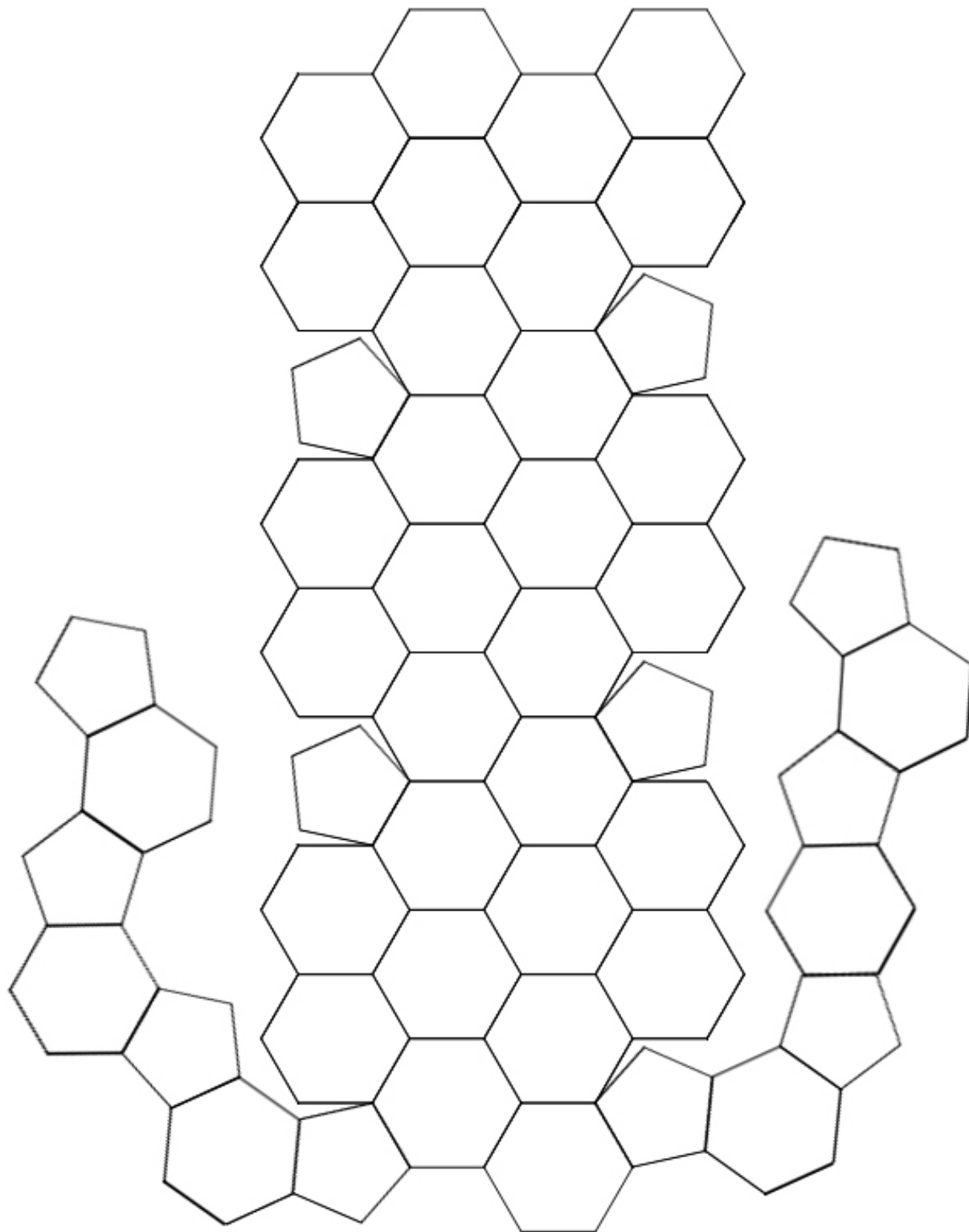


obr. 139

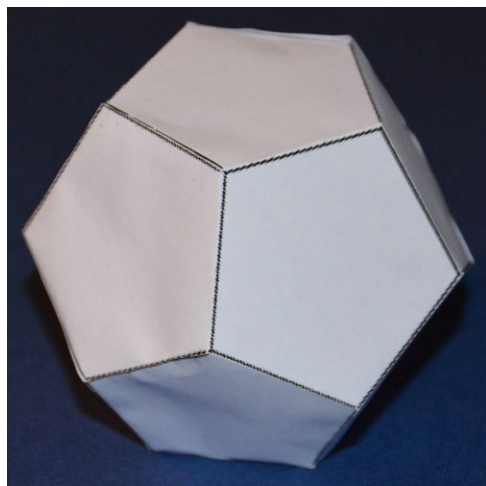


obr. 140

Šablony zobrazené na obr. 135 dvakrát vytiskneme a vystříhneme. Pozor, ani zde nejsou na obrázku zobrazeny přesahy papíru nutné ke slepení modelu. Na obr. 136 jsou zobrazeny dvě části šablony B, na obr. 137 jsou zobrazeny dvě části šablony A. Podle plných čar mezi jednotlivými šestiúhelníky šablony přehneme. Každou z částí A slepíme k sobě tak, jak je zobrazeno na obr. 138. Dvě části šablony B slepíme do prstence zobrazeného na obr. 139. Poté všechny tři části slepíme k sobě, až vznikne skelet tělesa připomínajícího fotbalový míč (viz obr. 140). Tím je druhý typ modelu fullerenu C_{60} vyroben. Tento model je svými geometrickými vlastnostmi totožný s modelem zobrazeným na obr. 144.



obr. 141



obr. 142



obr. 143



obr. 144



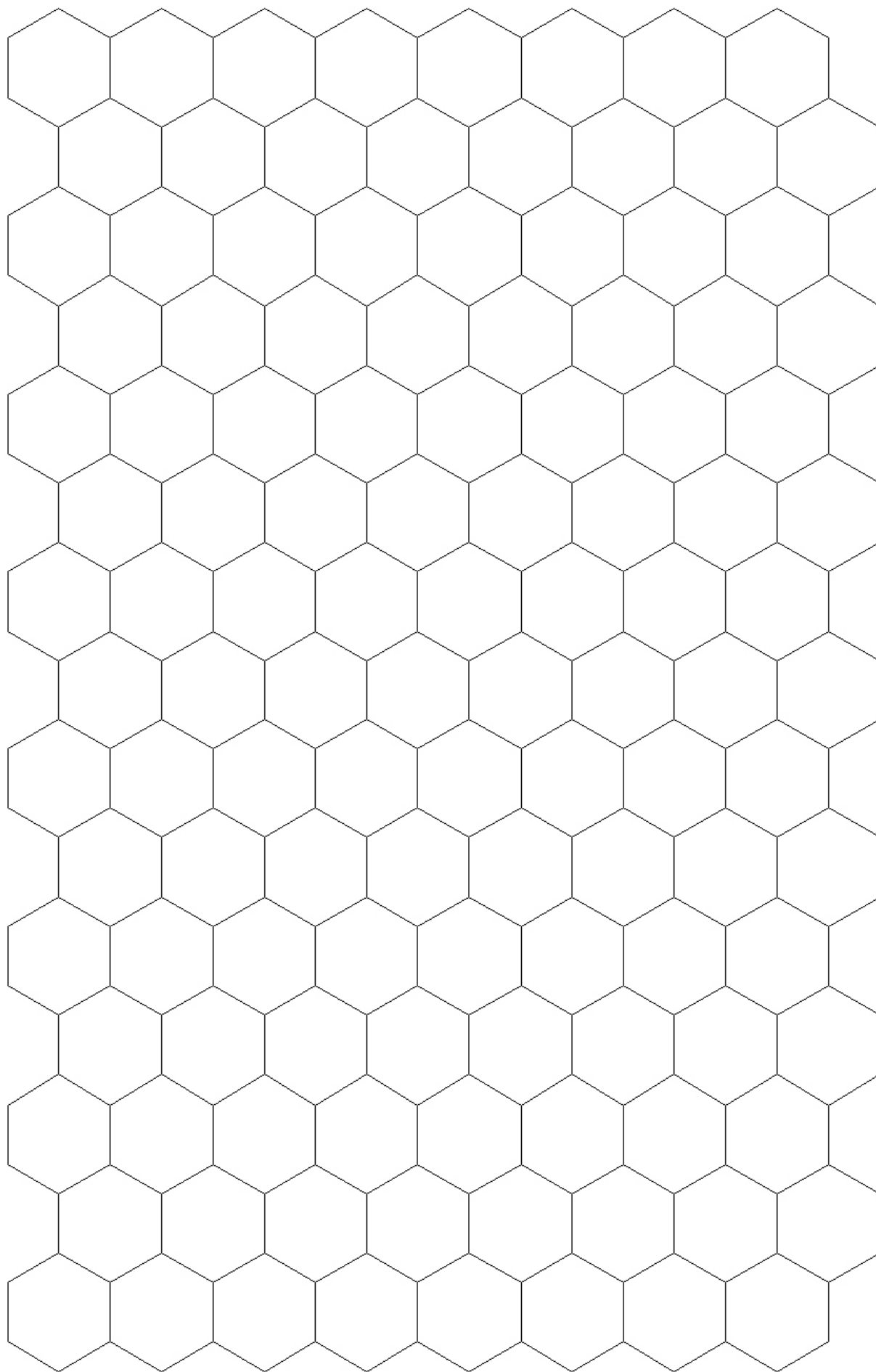
obr. 145

S fullereny souvisí také výroba nanotrubiček, které mají podobnou strukturu jako fullereny. I tyto trubičky lze vytvořit z papíru. Pro lepší názornost, aby bylo zřejmé, jak se struktura opakuje, je lepší tyto modely vyrobit z průhledné fólie. V tom případě síť zobrazenou na obr. 146 nevytiskneme na papír formátu A4, ale na průhlednou fólii. Je nutné dát ale pozor, abychom do tiskárny, v níž budeme síť tisknout, dali správnou fólii určenou právě pro tisk v dané tiskárně. V případě, že použijeme špatnou fólii, můžeme velmi rychle zničit válec a další součástky v tiskárně.

Vytiskneme-li síť zobrazené na obr. 146 třikrát, můžeme vyrobit modely tří jednovrstvých uhlíkových nanotrubic, které se liší svým stočením:

1. zig-zag - vystříženou šablonu stočíme tak, abychom získali válcovou plochu, jejíž osa je rovnoběžná s delší stranou šablony. Přilepíme-li nyní krajní šestiúhelníky k sobě, získáme věrohodný model této struktury nanotrubic. Vytvořené modely jsou zobrazené na obr. 147 a na obr. 150.
2. armchair - vystříženou šablonu stočíme do válcové plochy, jejíž osa je v tomto případě rovnoběžná s kratší stranou šablony. Pokud nyní přilepíme k sobě opět krajní šestiúhelníky, získáme modely zobrazené na obr. 148 a na obr. 151.
3. chiral - vystříženou šablonu stočíme podobně, jako v případě modelu struktury zig-zag. Rozdíl je v tom, že neslepíme k sobě ty šestiúhelníky, které jsou všechny v jednom svislém sloupci šablony (dle obr. 146). Okraje šablony před slepením nebudou navzájem rovnoběžné, ale budou vůči sobě natočené. Přitom ale dodržíme pravidlo, že lepíme šestiúhelníky přesně na šestiúhelníky. Slepením vzniknou modely zobrazené na obr. 149 a na obr. 152.

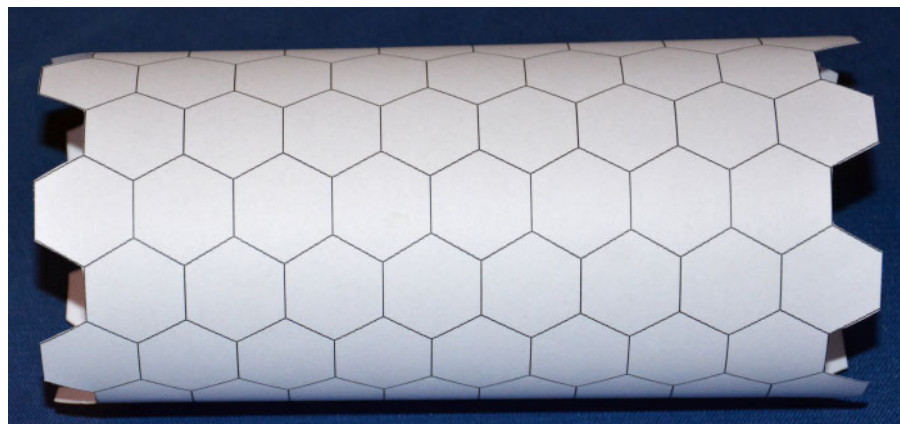
Názvy jednotlivých struktur nanotrubic jsou odvozené od vzhledu neslepených okrajů trubice.



obr. 146



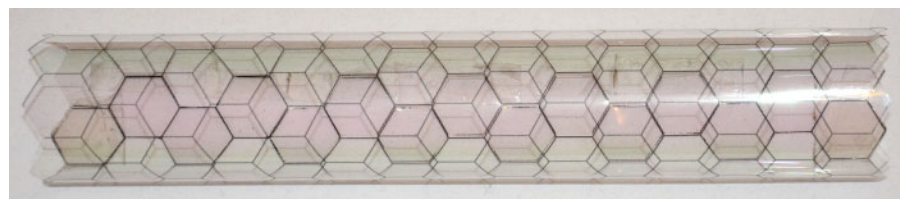
obr. 147



obr. 148



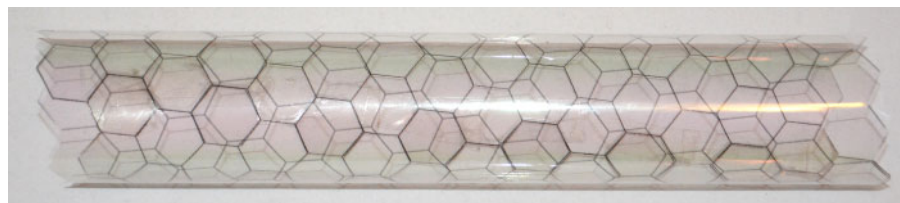
obr. 149



obr. 150



obr. 151



obr. 152